

**REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY**

**MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DE LA REFORME AGRAIRE**

**LE MOYEN-OUEST DE LA PROVINCE D'ANTANANARIVO**

**MILIEU PHYSIQUE**

**POSSIBILITES  
DE MISE EN VALEUR AGRICOLE**

**S. GUILLOBEZ**

**NOVEMBRE 1981**

**S.A.T.E.C.**

**SOCIETE D'AIDE TECHNIQUE  
ET DE COOPERATION**

**I.R.A.T.**

**INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES**

## LE MILIEU PHYSIQUE

## 1 - GENERALITES

Située à l'Ouest du massif de l'Ankaratra, la région du "Moyen Ouest" constitue une zone de transition entre les "Hautes Terres" proprement dites et les régions littorales de la côte Ouest, formant schématiquement une marche d'escalier intermédiaire.

Le Moyen Ouest agricole correspond en fait à plusieurs vastes dépressions planes plus ou moins vastes comprises entre le Bongolava à l'Ouest et les bords de l'Ankaratra à l'Est, la région des Tampoketsa au Nord et le massif de l'Itremo au Sud.

Dans le détail ces dépressions sont séparées entre elles soit par des reliefs, soit par des niveaux plans étagés.

Du point de vue géologique, les roches sont toutes des formations du socle cristallin antécambrien. Mises à part les formations en reliefs (massifs rocheux, Tampoketsa), le paysage en général présente une certaine monotonie, et apparaît en saison sèche comme très aride, car couvert seulement d'une végétation graminéenne sèche, sans arbre, donnant l'impression d'une steppe.

Les sommets d'interfluves des "dépressions" sont en général plans (faible convexité) mais de nombreux thalwegs rapprochés les séparent, découpant les "pénéplaines" en de multitudes croupes en lanières étroites parallèles entre elles.

Parfois les thalwegs sont boisés (surtout à l'Ouest) ; ils sont soit nettement en V, soit plus évasés et alors en forme de berceau, ou alors plus rarement à fond plat. Sur les flancs des "tanety" les versants paraissent stables mais présentent souvent des incisions, véritables coup de cuillères qui mettent à nu les matériaux d'altération et parfois la roche, ce sont les "Lavaka" qui sont soit des ravines soit des cirques d'érosion aux parois abruptes.

## 2 - GEOLOGIE

La majorité des roches sont cristallines, dans la partie Nord dominant les migmatites granitoïdes et les granites migmatitiques qui constituent les reliefs (talus des Tampoketsa) alternant avec des migmatites proprement dites ou de gneiss, et de gneiss migmatitiques en bordure des vallées principales. Très localement des pointements de gabbros apparaissent çà et là.

Dans la partie Sud, les migmatites dominent plus nettement, ainsi que les gneiss et micaschistes, tandis que les migmatites granitoïdes ou granites migmatitiques, constituent des îles de roches plus dures formant parfois de petits massifs.



A l'Ouest une barrière de quartzite constitue la limite des principales plaines (massif de Kinangaly, Tsingomay, Bevitsika, Ambato-Vaventy, Vonivola).

D'autres roches acides des charnockites longent la bordure est du Moyen Ouest. Les roches volcaniques quaternaires des régions de l'Itasy ou de Bétafo sont en fait situées en dehors du secteur concerné par cette étude. Le massif de Bétafo (1432 m) est formé de gabbros, tandis que le grand massif d'Ambohiby (1542 m) est constitué de syénites et de granites.

Localement apparaissent comme dans le Nord des pointements de gabbros (Sakay, Mahasolo), ou d'ortho-amphibolites (Belobaka, Mandoto). Ça et là quelques filons de quartz recoupent ces différentes roches.

Les roches acides sont dominantes sur l'ensemble de la zone ; ce vieux socle a subi quelques mouvements tectoniques provoquant l'effondrement central (plaine de la Mandalo, de l'Imanga de la Sakay et de la Kitsamby) et le soulèvement des bordures, massif du Bongolava, massif du Valabetokana, etc ...

### 3 - GEOMORPHOLOGIE

Plusieurs surfaces d'aplanissement anciennes ont été décrites à Madagascar. PETIT et BOURGEAT signalent la présence dans la région du Moyen Ouest de trois surfaces étagées :

- la surface supérieure (Crétacé) : elle correspond aux Tampoketsa ; son altitude moyenne à la latitude d'Antananarivo serait de 1650 m ; elle est caractérisée par une très nette platitude et domine les vallées ou d'autres surfaces par un talus abrupt très marqué, véritable barre rocheuse (granites stratoïdes ou quartzites) de quelques centaines de mètres de dénivellation.

Cette surface est également caractérisée par l'importance des bas-fonds plats et marécageux.

- la surface intermédiaire (mésotertiaire) : elle est également située sur des roches dures, son altitude serait de 1400 m environ à la latitude d'Antananarivo. Elle est moins plate et moins développée que la surface supérieure.

- surface inférieure (fini-tertiaire) : elle s'observe sur des roches plus tendres, et constitue un niveau moins net que les précédents ; son altitude en général est inférieure à 1300 m.

Localement elle constitue un vaste niveau plat (région d'Anosy à l'Est de Bévatô), mais en général il est disséqué par l'érosion formant des croupes d'altitudes voisines.

A part ces différentes surfaces d'aplanissement, deux types de paysages principaux caractérisent la région du Moyen Ouest :



. Les reliefs résiduels, et les massifs montagneux qui correspondent surtout à des roches dures (quartzites, granites, etc ...), mais parfois des migmatites de compartiments surélevés.

. Les plaines des dépressions, elles ont été appelées "pénéplaines", terme depuis lors tombé en désuétude, et correspondent en fait à des niveaux d'aplanissement quaternaires de type glacis. Ceux-ci ont été élaborés sous des conditions stables de morphogenèse et de pédogenèse, qui n'existent plus actuellement, car ces glacis sont profondément incisés (une trentaine de mètres) par des thalwegs parfois parallèles entre eux mais présentant le plus souvent une organisation arborescente typique dite en "bois de rennes".

En bordure des principales rivières quelques témoins de niveaux de terrasses très érodées peuvent être observés. Ces terrasses sont toujours plus basses que le sommet des glacis. Le long de ces cours d'eau, le lit moyen est parfois bien développé ; il est constitué d'alluvions récentes grossières.

#### 4 - MODELE ET MORPHOGENESE

Les conditions climatiques actuelles sont assez agressives ; le climat est contrasté, présentant une saison des pluies moyennement longue au cours de laquelle les précipitations sont importantes, souvent très orageuses et violentes (cyclones tropicaux atteignant l'intérieur de l'île). Sur les fortes pentes le ruissellement est conséquent et favorise l'érosion des matériaux tendres. Les barres de roches dures bordant les Tampoketsa ont protégé ceux-ci de l'érosion.

Les niveaux d'aplanissements anciens (surfaces) ou récents (glacis quaternaires) sont le siège d'une incision actuelle par érosion régressive plus ou moins importante ; l'entaille est surtout linéaire car les matériaux découpés sont évacués par les cours d'eau vers la dépression du Betsiriry (Baibodde la région de Miandrivazo).

Les glacis sont découpés peu à peu par des incisions latérales, la tendance morphogénétique actuelle est à la formation d'un modelé en "demi-orange".

Les rivières coulent pratiquement sur la roche saine, leur niveau correspondant généralement au toit de la nappe phréatique ; celle-ci se situerait en permanence dans les diaclases de la roche et rarement dans les altérites. En saison des pluies le plafond de la nappe atteint souvent les altérites perméables, au-dessus du niveau du thalweg. Cette nappe alimente de petits sourcins (Sakasaka) situés en tête de thalwegs (Lohasaha).

Dans l'ensemble sous végétation de savane herbacée, les versants semblent réglés (pente convexe le plus souvent), pourtant de nombreux Lavaka sans végétation, situés sur les pentes bordant thalwegs et vallons, rompent le bon ordonnancement apparent.



Les cirques d'érosion apparaissent alors comme le résultat de phénomènes brutaux *catastrophiques*.

En général, la coupe observable des lavaka montre un sol brun rouge moyennement épais (1 m) surmontant une arène (altération mécanique granulaire libérant les minéraux primaires). A la base du cirque il y a fréquemment des sourcins.

De ces observations nous sommes conduits à proposer l'hypothèse suivante concernant la formation des Lavaka :

Il s'agirait d'une poche d'eau, ou plutôt d'un renflement local de la nappe dans l'arène, en bordure du versant, qui provoquerait une surpression dans un matériau qui ne se tient pas, comprenant des éléments plats fins (micas) ; ceux-ci favoriseraient le "fluage" le glissement (\*). A la suite d'un déséquilibre cette "poche d'eau" céderait brutalement, le matériau du versant ne pouvant plus la retenir.

Les lavaka évoluant plus tard par érosion régressive, des pans d'altérites des parois s'effondrent peu à peu. A la longue, les parois verticales s'infléchissent, les pentes s'adoucissent au fur et à mesure du recul du cirque et la végétation peut coloniser et stabiliser la lavaka.

De nombreux vallons ont leurs bords parsemés de ces cirques d'érosion, et vu d'avion, on a l'impression d'une "feuille de chêne" dont le thalweg serait la nervure.

Cette hypothèse implique que la formation des lavaka est actuelle et qu'il faut impérativement protéger les versants. Sur certains versants le modelé est "moutonné", parfois il existe de véritables "chemins de vaches". Sur ces matériaux de texture limono-argileuse, riches en argile granulométrique, les risques de *solifluxion* sont importants, ils condamnent les aménagements en *banquettes*.

La seule méthode de protection est le boisement par des essences à enracinement profond et dense.

Le niveau de base général serait le seuil formé par la grande chaîne de quartzite qui borde la partie Ouest de la région, mais dans le détail, il existe une multitude de niveaux de bases locaux le long des rivières constitués par des seuils rocheux. La rupture d'un de ces seuils provoque la baisse brutale du niveau de base et le redémarrage de l'érosion en amont. L'hypothèse émise concernant la formation et le développement des lavaka implique que ceux-ci sont sous la dépendance du niveau de base. Ainsi l'évolution des glaciers, leur dégradation, leur incision est différente selon les bassins versants.

Dans la région de Mahasolo, le niveau de base est ancien, il y a peu de lavaka ; glaciers, versants et bas-fonds sont en équilibre, en fait l'évolution est lente, les bas-fonds s'élargissent par suffosion latérale

---

(\*) RATSIMBAZAFY



(affleurement de la nappe), mais l'incision linéaire est inexistante. Les matériaux s'épandent dans les vallons qui sont généralement à fond plat.

Dans le bassin versant de la Mandalo, au contraire, la tendance est à l'incision linéaire, les thalwegs sont nettement en V, les lavaka sont très nombreuses sur les versants. Il semble que ce secteur ait été récemment le siège d'une reprise d'érosion par rupture d'un seuil rocheux et changement de niveau de base.

Sur les glacis, mais cela n'est pas exclusif, de petites cuvettes circulaires décamétriques, rompent la monotonie du modelé. Ces cuvettes sont souvent situées dans le prolongement d'un thalweg. En général, la terre y est grise ; elle est fréquemment cultivée (rizières) par les paysans. De nombreuses hypothèses ont été émises en ce qui concerne leur origine ; On a parlé de "soutirage" du fer, de cicatrice d'ancien réseau hydrographique. Il semble que ces cuvettes correspondent à des zones où l'arène est proche de la surface, où il y a accumulation préférentielle d'eau, avec risque de formation de nappes plus ou moins perchées, dont la rupture provoquera la formation de Lavaka. Le tassement seul peut expliquer la différence de niveau avec les sols voisins dont la densité apparente est faible (voisine de 1).

De nombreuses têtes de thalwegs ont une forme d'alvéole et ressemblent à d'anciennes cuvettes. Elles sont séparées du reste du thalweg par un seuil rocheux (quartzite roche dure) qui a fait barrage à l'écoulement de la nappe jusqu'à ce que la pression soit trop forte et que la poche d'eau ne cède.

## 5 - VEGETATION

La plupart des paysages observés présentent une végétation semblable ; en effet, la savane herbacée à *Aristida* domine pratiquement partout, donnant une impression d'aridité, qui a fait nommer cette végétation "pseudo-steppe". Les seuls arbres sont des arbres plantés (*Eucalyptus*, *pinus*). Sur les glacis les *Hyparrhenia* et *Heteropogon* correspondent à des zones d'occupation humaine, de boisement en bordure de certains thalwegs mis en défens ; ces graminées cotoient alors le goyavier, seul arbuste présent.

On trouve des plantes hydromorphes, des cyperacées des *Phragmites*, dans les vallons, alors que les thalwegs en V de l'Ouest sont bordés d'un ruban forestier ripicole.

Au Nord-Ouest une forêt relique subsiste près du massif d'Antsohitikely, elle jouxte la zone d'étude. Sur la piste qui conduit à cette forêt, au Nord de Tsironomandidy, un village porte le nom de Ambaravarana, ce qui signifie "entrée de forêt". On suppose qu'une forêt recouvrait le Moyen Ouest et qu'elle a disparu pour des raisons inconnues.



## 6 - PEDOGENESE

Sur le socle, les sols en classification française sont des sols *ferrallitiques*, ils ont été très étudiés par F. BOURGEAT. Les subdivisions utilisées sont propres à Madagascar, en effet les mêmes mots n'ont pas le même sens en Afrique de l'Ouest (cf. classification des sols de Côte d'Ivoire).

La présence d'une *ligne* très discontinue de graviers et cailloux de quartz, qui épouse assez bien le modelé actuel les fait appeler *remaniés* et l'horizon limoneux riche en minéraux primaires reconnaissables vers 2 mètres caractérise des sols *rajeunis*.

En général "les *sols ferrallitiques rajeunis* sont essentiellement localisés sur les niveaux d'aplanissement anciens repris par des épicycles d'érosion quaternaire" (F. BOURGEAT) ; dans la région du Moyen Ouest ils sont moyennement ou fortement désaturés. Ils sont souvent très épais sur les glacis. Ces sols "*bruns rouges*" profonds ont leur fraction argileuse essentiellement formée par de la kaolinite. Cette argile présente une variation de capacité d'échange en fonction du pH, aussi le degré de saturation ne présente guère d'intérêt, car la capacité d'échange est mesurée à pH 7 (France) ou 8,2 (USA). Il y a une proportion importante d'aluminium sous forme de gibbsite, et de fer sous forme de goethite surtout et un peu d'hématite.

Sur les surfaces d'aplanissement anciennes, dominant les sols *brun-jaunes*, encore appelés *jaune sur rouge* ; ces sols dits fortement "*allitiques*" sont riches en gibbsite en surface, tandis que la kaolinite est dominante en profondeur. La proportion de fer amorphe est importante surtout dans les horizons rouges (il n'y a pas que de la goethite dans les horizons jaunes). Ces sols sont souvent considérés comme étant "*appauvris*" car moins argileux qu'en profondeur.

Plusieurs théories ont été émises concernant la mise en place du matériau ferrallitique et de la ligne de gravats qui en général sépare des horizons morphologiquement très voisins, et n'apparaît pas comme une discontinuité évidente. S'il s'agit d'un recouvrement, sa mise en place ne paraît pas être d'origine colluviale, sauf sur les versants au contact d'anciens niveaux de terrasse ; cette ligne se transforme alors en une nappe de gravats contenant de nombreux galets.

On ne retrouve pas comme en Afrique de l'Ouest une altérite très évoluée servant de roche magasin à la nappe phréatique (plinthite) ; aussi la mise en place des matériaux ferrallitiques à Madagascar reste un sujet de controverses.

En ce qui concerne les sols cultivables, dont nous éliminerons les versants aux sols "*ferrallitiques pénévoués*", deux grands types dominent :

- Les *sols bruns rouges* sur les glacis quaternaires (*ferrallitiques rajeunis*)
- Les *sols bruns-jaunes* sur les surfaces d'aplanissement (*ferrallitiques appauvris*)



Nous parlerons de leurs propriétés physico-chimiques dans un chapitre spécial.

Dans les vallons en fonction du modelé on observe des *sols hydromorphes à gley* à battement important de la nappe (cas des vallons en berceau) ou à battement faible (vallons à fond plat) avec localement des sols tourbeux sur les mouillères. Ces sols sont cultivés en riz en saison des pluies et paturés en saison sèche.

En bordure des vallons en berceau, sur la partie concave des versants, à leur base, existe une frange étroite de sols colluviaux dont le matériau provient des sols ferrallitiques des versants.

Les sols des versants pénévolués et les sols colluviaux qui présentent une proportion importante de minéraux primaires peu altérés sont les moins acides, tandis qu'à l'inverse les sols hydromorphes et les sols appauvris sont très acides. Très localement autour des cuvettes ou sur les flancs des exutoires des Tampoketsa on observe des niveaux gravillonnaires ou indurés de faible extension, il s'agit dans le deuxième cas de carapaces de nappe.



## LES UNITES PHYSIOGRAPHIQUES

Les différentes unités inventoriées ne sont pas toutes comprises dans le Moyen Ouest, considéré comme une région bien précise. En effet celle-ci est surtout caractérisée par le développement important des zones de glacis dans les dépressions du socle.

Aussi nous ne nous étendrons peu sur certaines unités limitrophes ou de transition (Tampoketsa, secteur volcanique de l'Itasy, etc ...).

### 1 - LES MASSIFS ROCHEUX, LES ESCARPEMENTS ROCHEUX, LES RELIEFS RESIDUELS :

Cette unité ne comprend pas que des affleurements rocheux mais ceux-ci dominent ; le modelé est très chahuté, les pentes en général très fortes.

Les sols qui dominent sont des lithosols et des sols peu évolués d'érosion. Localement subsistent des zones planes de sols épais correspondant à des témoins des surfaces d'aplanissement anciennes.

*Cette unité ne présente aucun intérêt pour l'agriculture, l'élevage et la forêt, dans le cadre de ce projet.*

### 2 - LES VOLCANS

C'est d'après M. RAUNET dans la région d'Itasy un volcanisme très récent (Holocène) ; il s'agit de gros dômes trachytiques qui forment une chaîne de "puys" qui donne au paysage son cachet particulier, et de petits cônes de projections basiques très nombreux.

Les pentes des dômes sont très fortement incisées par des ravines radiales. Cette unité comme la suivante a été cartographiée pour montrer la limite du Moyen Ouest.

### 3 - LES COLLINES DU SOCLE : recouvertes par des cendres volcaniques (altitude supérieure à 1100 mètres)

Il s'agit de "nappes de saupoudrage cendro-scoriacées basiques" (bâsinites) qui recouvrent directement l'altération ferrallitique du socle cristallin. Au contact des cendres, le sol ferrallitique a été "cuit" et paraît très rouge. A partir des cendres se sont développés des sols de couleur brune à caractères andiques.

### 4 - LES COLLINES DU SOCLE :

Cette unité est située dans le Sud-Est ; elle est appuyée sur les flancs du massif de l'Ankaratra, l'altitude de ces collines oscille entre 1100 et 1200 mètres ; Elles font transition entre les Hautes Terres de la région d'Antsirabe et le Moyen Ouest proprement dit qui est surtout caractérisé par les glacis quaternaires.

C'est un paysage de croupes arrondies aux sommets rarement plats, ayant une tendance à l'allongement ; les pentes sont rapidement très fortes.



L'habitat y est dispersé, avec des maisons bordées d'enclos. Les cours d'eau qui viennent des Hautes Terres sont utilisés pour l'irrigation des rizières de bas fonds ou plus rarement sur les pentes (terrassettes).

Petit à petit la densité de l'habitation diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de Bétafo en se rapprochant d'Ankasomiriotra.

## 5 - LE NIVEAU D'APLANISSEMENT A

Par soucis de simplification et pour des raisons agroclimatiques nous avons préféré parler de "niveau d'aplanissement" plutôt que de "surface d'aplanissement", dont la hiérarchie est controversée. Nos observations ne nous permettent pas de toute façon de classer les différents niveaux observés.

Aussi le classement choisi est-il basé sur l'altitude des différents niveaux, ce qui permet de rattacher chacun d'eux à des zones climatiques (température plus faible en altitude).

Le niveau A correspond à une altitude voisine de 1400 à 1500 m environ; Il s'agit surtout du Tampoketsa de Fenoarivo qui limite la partie NE de la région ; le modelé est très plat, il s'agit réellement d'un plateau.

Ce niveau peu étendu, élevé, doit être considéré comme ne faisant pas partie du Moyen Ouest.

En Malgache, Tampoketsa signifie : " au-dessus des pépinières" ce qui veut dire que cette unité est considérée comme impropre à la culture du riz malgré l'importance des larges bas-fonds.

## 6 - LE NIVEAU D'APLANISSEMENT B

On l'observe vers 1200 - 1300 mètres, dans la région de Fenoarivo et de Firavahana, en contrebas du niveau précédent et sur certains massifs isolés (Ex. Bélanira au milieu de la plaine centrale).

Il ressemble beaucoup au précédent (altitude). Les sols y sont bruns-jaunes, son altitude élevée le fait rejeter dans l'immédiat, faute d'information climatique, de plus il n'est pas caractéristique du Moyen Ouest.

En ce qui concerne une mise en valeur agricole, sa vocation est *sylvo-pastorale* comme les Tampoketsa. Cette unité ne présente que peu d'intérêt lorsqu'elle est étroite sur un massif.

Les collines du socle décrites précédemment dans la région Sud-Est semblent dériver de ce niveau après dégradation par l'érosion et incision.

## 7 - LE NIVEAU D'APLANISSEMENT B DEGRADE

Il est surtout développé en bordure des massifs rocheux au Sud de Fenoarivo, au contact de l'unité précédente dont il dérive par érosion (dégradation de l'ancienne surface).



Il correspond à des croupes au sommet plan mais étroites, situées toutes à une altitude voisine qui est celle du niveau B. On retrouve sur les sommets des sols épais brun-jaunes, mais les pentes sont assez fortes et plus développées.

Au Sud de Bélobaka près d'Ambatobe (ranch Omby n° 4), cette unité présente une grande extension, localement des filons de quartz sous-tendent les épaulements du niveau B.

En moyenne elle est située à une altitude intermédiaire entre le niveau B et le niveau C, sa vocation reste *sylvo-pastorale* (élevage traditionnel).

## 8 - LE NIVEAU D'APLANISSEMENT C (1000-1100 m)

Il est plus développé que les deux précédents et cela surtout dans la partie Nord : région de Belobaka, entre Kiranomena et Fenoarivo et sur le plateau d'Anosy à l'Est de Bétafo ; c'est de ce plateau que proviennent les principaux cours d'eau de la région qui se dirigent soit vers le Nord (Masiaka-Isandrano), l'Ouest (Manambola), vers le Sud (Imanga-Sarobay).

Les sols ferrallitiques sont en général brun-jaunes, ayant une tendance hydromorphe ; le modelé est assez plat avec de larges bas-fonds marécageux.

Les cultures y sont peu développées, c'est surtout une zone d'élevage (finition) traditionnelle.

La grande extension du plateau d'Anosy fait que cette unité n'est nullement à négliger pour sa mise en valeur agricole.

L'élevage moderne doit y être encouragé, le paysannat mérite d'être aidé, par contre le développement de la grande culture nécessite une meilleure connaissance de ce milieu du point de vue des sols et du climat.

La culture du riz pluvial n'y est pas a priori impossible (caractères hydromorphes des sols, structure massive), mais celle d'autres plantes doit poser des problèmes (acidité, dégradation de la structure).

## 9 - NIVEAU D'APLANISSEMENT C DEGRADE, MODELE EN GROUPES "DENDRITIQUES"

Le modelé est équivalent à celui qui caractérise le niveau d'aplanissement B dégradé.

Cette unité est développée à proximité immédiate de Fenoarivo dans le Sud du plateau Anosy et le Nord Ouest de Tsironomandidy (Ambaravarana) et à l'Est de Bélobaka.

C'est un secteur favorable aux boisements, à l'élevage et au paysannat traditionnel.



## 10 - NIVEAU D'APLANISSEMENT C DEGRADE EN CROUPES LINEAIRES

Cette zone est comprise entre les collines du socle à l'Est et la plaine de la Kitsamby. Il s'agit d'un paysage de longues croupes, au sommet plan mais aux versants pentus. La morphologie générale donne plus l'impression d'un glacis (de piémont) découpé par l'érosion que d'une ancienne surface d'aplanissement. La partie Sud du Moyen Ouest est d'ailleurs très différente de la partie Nord, les surfaces d'aplanissement y sont peu étendues et assez rares. La limite entre les deux parties serait un axe Ouest-Est passant par le massif d'Ambohiby.

Du point de vue mise en valeur, cette unité présente les mêmes contraintes de modelé et de sols que la précédente et doit avoir la même vocation : *élevage et cultures traditionnels*.

## 11 - LES VERSANTS (INCISION FORTE DANS LES GLACIS QUATERNAIRES)

Plusieurs bassins versants secondaires ont été l'objet d'une forte reprise d'érosion récente par vraisemblablement changement brutal de niveau de base. Les glacis ont été profondément entaillés et le recul des versants a été si important qu'il ne reste pratiquement plus de trace du glacis. Le modelé est en "éventail" ou en "w". Les sommets des croupes sont pratiquement des crêtes vives. Il n'y a pas de place pour des cultures. Le contact entre ces zones et les niveaux d'aplanissement (plateau d'Anosy) est à mettre impérativement en défens.

*Cette unité est inexploitable.*

## 12 - LE HAUT GLACIS (900 à 1000 m)

Il s'agit d'anciens glacis quaternaires entaillés par les thalwegs mais aux sommets plans. Leur appellation n'implique pas obligatoirement qu'il y ait plusieurs niveaux de glacis quaternaires étagés, bien que cela soit net à la Sakay et au Nord de Tsironomandidy. Comme pour les niveaux d'aplanissement anciens, le terme de Haut Glacis désigne des glacis bien individualisés, peu dégradés par l'érosion, situés à une altitude voisine de 900 m, c'est à dire juste un peu plus bas que les niveaux d'aplanissement.

En général les glacis sont peu dégradés, c'est-à-dire qu'une partie importante des croupes reste plane sur une largeur importante ; par contre, régionalement l'entaille du glacis par les thalwegs est différente :

- vallons en berceau étroits, très encaissés et boisés au Nord de Tsironomandidy,
- vallons à fond plats larges, en bordure de la Sakay au Nord de Babet Ville.

Sur les sommets des croupes (le glacis proprement dit), les sols sont épais de type brun-rouges ; on passe à des sols bruns-jaunes en bordure des cuvettes (Farihy) ou dans le prolongement des têtes de thalwegs.



Des glaciers de même altitude existent dans la région de Mandoto, mais l'absence de contraste avec les secteurs plus bas n'a pas permis d'en délimiter clairement l'extension. De ce fait, ils ont été assimilés aux autres glaciers.

Toutes les spéculations sont envisageables sur ces glaciers, la grande culture mécanisée y est possible.

### 13 - LES GLACIS TRES DEGRADES, A FORTE INCISION :

Le sommet des croupes est étroit et nettement convexe dans les dépressions centrales, un peu plus large et plan à l'Ouest des reliefs bordiers. (région d'Anjoma-Ramartina, etc ...)

Les sols sont très rajeunis et peu épais sur les croupes étroites, plus épais et de type brun-rouge dans le deuxième cas. Ils ne présentent aucun intérêt pour la mise en valeur dans le premier cas, alors que dans le deuxième cas du fait de la faible extension de ces zones à l'intérieur des massifs rocheux ils sont à réserver aux *spéculations traditionnelles* : élevage-agriculture.

### 14 - GLACIS DEGRADES, A CROUPES ETROITES A SOMMET PLAN ET A THALWEG EN V

Ils sont surtout développés à l'Ouest et au Nord de Tsironomandidy ; localement appuyés aux massifs, ils bordent la partie Ouest de la grande dépression centrale.

Les versants sont très importants ayant une forme convexe, le sommet des croupes présente sur une faible largeur, une zone plane, cultivable à sols bruns-rouges. Les thalwegs, surtout dans le Nord, sont colonisés par une végétation arborée.

La faible extension des zones planes ne permet que le développement des activités *agricoles traditionnelles* : agriculture-élevage.

### 15 - GLACIS MOYENNEMENT DEGRADES A CROUPES LARGES, A SOMMET PLAN, THALWEGS EN V ET PRESENCE DE NOMBREUSES LAVAKA SUR LES VERSANTS

Cette unité correspond assez bien à la région appelée "pénéplaine de Bélobaka" sur les cartes topographiques, c'est à dire le bassin versant de la rivière Mandalo et une partie de celui de l'Imanga (exceptée la partie amont).

Par rapport aux paysages décrits précédemment les interfluves entre deux thalwegs en V sont plus larges, les versants sont moins développés, la partie plane (glacis proprement dit) est large mais son contour est très irrégulier du fait de l'abondance des cirques d'érosion (Lavaka).

Sa mise en valeur est récente (O.D.E.M.O.).



Cette unité présente un grand intérêt en ce qui concerne les spéculations modernes :

- élevage intensif
- grandes cultures mécanisées.

#### 16 - GLACIS MOYENNEMENT DEGRADE, A CROUPES MOYENNES A SOMMET PLAN, ET VALLONS EN BERCEAU

Dans la grande dépression centrale, cette unité est surtout développée dans la partie Sud, dans la région appelée : "pénéplaine de Mandoto," qui correspond au bassin versant de la Kitsamby et de ses affluents rives gauches : Lazarifotsy et Lazarimainty.

Les sommets des croupes sont moyennement étroits, mais les versants sont peu entaillés par des lavaka ; leur forme est convexo-concave. Le contact versant-bas-fond est progressif se faisant par l'intermédiaire d'une frange étroite de sols colluviaux. Le bas-fond est concave, présentant des seuils locaux en amont desquels existent des zones hydromorphes.

Les sols bruns-rouges des tanety sont peu mis en valeur par les paysans qui sont surtout des cultivateurs de riz descendus de la région d'Antsirabe-Bétafo. Ils ont colonisé faiblement cette région, car si les bas-fonds leur permettent la culture du riz aquatique et les tanety servent à leurs boeufs de pâturages en saison des pluies, les superficies rizicultivables ne sont pas élevées. D'ailleurs les paysans se sont mis à cultiver les tanety et les superficies de riz pluvial se rapprochent de celles des rizières.

Dans cette région le projet MAMICHO envisage de cultiver environ 1000 hectares de tanety en soja pendant l'hivernage 81-82. La région de Mandoto présente de nombreux pointements rocheux (reliefs résiduels de roches dures surtout granitiques) et les glacis sont organisés en fonction des axes de drainage et des reliefs auxquels ils s'adossent. Avant d'arriver à Mandato, on a nettement l'impression d'un étagement de deux glacis. Mais il est difficile d'extrapoler vers le Nord, aussi une seule unité a été représentée sur la carte.

Du fait de l'importance des glacis, cette région mérite d'être développée.

L'alternance de vallons en berceau et de tanety peu pentus, favorise un *élevage traditionnel* en équilibre avec les conditions du milieu, les bêtes paissent les tanety en saison des pluies et les vallons en saison sèche.

L'élevage peut être développé et intensifié. *La grande culture mécanisée est envisageable*, mais il ne doit pas y avoir concurrence avec le paysannat traditionnel.



## 17 - GLACIS MOYENNEMENT DEGRADES A CROUPES LARGES, A SOMMET PLAN ET VALLONS A FOND PLAT

Il s'agit des *meilleures zones agricoles* à tous les points de vue, plusieurs secteurs présentent cette association de glacis et de vallons à fond plat.

En allant du Sud vers le Nord :

- région de Mahosolo cours inférieur de la Sakay,
- région de Belobaka (rivière Itandy),
- région de Tsironomandidy-Bevato,
- région de Kiranomena,
- région de Tsaratanana-Besakay (bassin versant de la rivière Saonjo).

Toutes ces régions sont habitées et ce depuis longtemps (surtout Bélobaka et Mahasolo). Comme pour l'unité précédente, l'importance des bas-fonds cultivables en riz explique les traditions agricoles anciennes. Les régions Nord qui n'ont pas été parcourues lors de la mission sauf Kiranomena, semblent être surtout axées sur l'élevage (finition) et la polyculture vivrière. Les difficultés de transport expliquent la prépondérance de l'élevage sur la culture, alors que c'est le contraire dans la région de Mandoto.

Les sols comme pour tous les glacis quaternaires sont des sols rouges sur les croupes planes, mais l'importance des bas fonds et des marécages fait qu'il y a beaucoup de sols hydromorphes (unité 19).

*Les grandes cultures mécanisées, l'élevage intensif* sont possibles, le problème le plus important est celui des communications.

Actuellement la piste qui conduit à Kiranomena, depuis Tsironomandidy est impraticable en saison des pluies sur les quarante derniers kilomètres.

## 18 - BAS FONDS ET NIVEAU D'APLANISSEMENT SUR MATERIAU VOLCANIQUE

Cette zone correspond aux terres les plus mises en valeur dans la région de l'Itasy (sols à caractères andiques). Cette unité a été cartographiée pour mémoire, elle est considérée comme située en dehors du Moyen Ouest.

## 19 - BAS FONDS PLATS ET MARECAGEUX

Du fait de l'échelle de la carte, il est difficile de représenter les terrasses alluviales récentes (lit majeur) des principales rivières. Dans certaines zones planes, l'écoulement des eaux n'est pas rapide (seuils) et il existe des bas-fonds, sans lit individualisé, très larges. On les retrouve aussi bien sur les Tampoketsa que sur le plateau d'Anosy ou dans la région de Mahasolo. Ces bas fonds ont été représentés que là où ils étaient bien développés.



Leur intérêt est surtout rizicole, mais les marécages sont souvent tourbeux. Ceux situés en altitude sont considérés par les paysans comme impropres pour des raisons climatiques à la culture du riz. Les essais réalisés par THIBOUT sur le Tampoketsa d'Ankazobé infirment cette idée.

Ces bas-fonds doivent être intégrés dans un programme d'aménagement global d'une unité physiographique. Pour mémoire rappelons la présence de témoins de terrasses alluviales le long des rivières, souvent érodés, où l'on observe parfois des sols jaunes, limono-argileux surmontant un niveau de galets. Leur extension est très faible.



## CONSERVATION DES SOLS

## 1 - RAPPEL

Lors de la mise en valeur du secteur BDPA de la SAKAY, il s'avèra nécessaire de prévoir un système anti-érosif. Aucune expérimentation locale n'ayant été entreprise à cette date, la formule de RAMSER fut utilisée pour déterminer l'écartement entre deux systèmes anti-érosifs, c'est-à-dire en fait, la largeur de la parcelle cultivable.

Pour une pente de 6% en choisissant une dénivellation de 1 mètre entre deux ouvrages, la largeur de la parcelle est alors de 17 mètres.

L'aménagement consista en un fossé jouant le rôle d'une banquette d'absorption lors d'une pluie modérée, puis de fossé évacuateur lors d'une pluie de forte intensité. Initialement la pente du fossé préconisée était de 0,5 pour mille, puis finalement, pour éviter le colmatage, la valeur de 1,5 pour mille fut retenue.

Ces banquettes ont été fixées du côté du bourrelet avant par de l'herbe à éléphant (*P. purpureum*) qui assure en plus un effet de brise-vent, tandis que les fossés étaient plantés en KIKUYU (*Cynodon dactylis*) les labours préconisés, effectués avec des charrues reversibles, le versoir étant dirigé vers la pente, permettaient la formation petit à petit d'une terrasse plate.

Ce système aboutit à la création de petites parcelles de un hectare qui ne sont pas adaptées à la grande culture. Ce n'était d'ailleurs pas le but des promoteurs de ce projet. Fossés et haies représentent environ le dixième de la surface.

Sur les pentes plus faibles (inférieures à 3 %) des bandes enherbées de trois à quatre mètres de large espacées de vingt-cinq mètres suivant les courbes de niveaux complètent le dispositif. L'assolement se faisait sur des bandes en alternant des cultures sarclées et des cultures couvrantes.

Les fossés débouchaient dans un collecteur qui sur le versant dominant les bas fonds conservait une pente très faible, revenant vers la tête du thalweg.

La crête militaire (qui limite les glacis des versants) étant le plus souvent plantée en Eucalyptus, parfois en mimosa.

Dans le cadre de ce projet les versants n'ont pas fait l'objet d'un aménagement particulier.

Ces techniques se sont avérées opérationnelles et fiables.

## 2 - LES ETUDES DE DEFENSE ET DE RESTAURATION DES SOLS CONDUITES A LA STATION de KIANJASOA (1967-1974)

Sur cette station de la recherche zootechnique située à une altitude de 1000 m, ces études ont été supervisées par le CTFT, elles ont été menées selon les protocoles de l'école américaine, à savoir l'étude en petites parcelles.



### 2.1. La parcelle de WISCHMEIER

Elle est maintenue sans végétation et toujours rugueuse (ratissages répétés).

Ces caractéristiques sont les suivantes :

- pente 6,5 %
- longueur : 20 mètres
- largeur : 10 mètres, puis 5 mètres

Pour la période 1967-1975 la valeur de R : (indice d'érosion par la pluie) en unité USA, a été en moyenne (8 années d'observations)

$R = 718$  (variation 500 à 900)

pour une pluviosité moyenne de 1754 mm.

Lors de la saison des pluies 1973-1974 un maximum de 1131 a été observé correspondant à des précipitations élevées (2171 mm).

Les pertes en terre sur cette parcelle sont de 221 tonnes/hectare /an en moyenne, ce qui est considérable.

L'indice sol (K) au cours des années tend à se stabiliser vers une valeur de 0,28 (maximum observé : 0,41).

Ce chiffre très élevé indique des sols fortement érodibles.

Sur d'autres parcelles de même dimension pendant la même période les traitements ont été les suivants :

- prairie artificielle (*Stylosanthès*)
- prairie naturelle fauchée
- prairie naturelle brûlée
- prairie naturelle en défens

Le ruissellement sur toutes ces parcelles ne dépasse que rarement 10 % des pluies. Par contre, les pertes en terre ont été le plus souvent nulle ; deux fois seulement elles furent supérieures à 3 t/ha/an sur la parcelle de *Stylosanthès*.

Pour tous ces traitements l'indice de couverture du sol (PC) reste inférieur à 0,005 sauf la première année (0,001 pour la parcelle de *Stylosanthès*).

D'autre part, les observations effectuées montrent :

- que la mise à feu de la prairie naturelle augmente le ruissellement provoquant des crues intempestives.

- que le ruissellement est surtout important lors du mois le plus pluvieux (février).



D'après les documents qui ont pu être consultés, aucune étude concernant la détermination des coefficients C (indice de culture) de l'équation universelle de perte en sol de WISCHMEIER n'a été publiée à ce jour pour les différentes cultures vivrières envisageables. 18.

3. DETERMINATION DE L'ECARTEMENT ENTRE LES DISPOSITIFS ANTI-EROSIFS APPROPRIES (pour comparer les méthodes entre elles nous prendrons la pente de la parcelle de WISCHEMEIER, soit 6,5%).

3.1. Application des résultats obtenus à KIANJASOA (coefficients R et K)

Dans la formule de WISCHMEIER

$A = R.K.LS.C.P.$

$R = 718$   $K = 0,28$   $A = 10$  t/ha/an (sols profonds)

Indice de culture  $C = 0,5$  (valeur moyenne)

Coefficient de réduction  $P = 0,17$       bandes alternées = 0,25  
culture à plat = 0,67

La valeur cherchée est de 3,7 mètres. Cette valeur est très faible.

Si l'on adopte comme dispositif anti-érosif complémentaire, des bandes enherbées de 2 m de large (coefficient 0,11\*) on peut cultiver sur une longueur de 300 mètres environ ; au-delà il est nécessaire de prévoir une pratique anti-érosive plus conséquente (bourrelet anti-érosif,...)

3.2. Valeurs données par les formules empiriques

RAMSER       $L = 16,8$  m

SACCARDY       $L = 46,1$  m

BUGEAT       $L = 51,1$  m

FAO (soils bul. n° 44)       $L = 40,3$  m

3.3. Calcul théorique (ce calcul suppose un régime permanent des pluies)

A KIANJASOA les intensités maximales des pluies relevées ne sont pas excessives : 78 mm/h le 9.2.68 pour une pluie de 53 mm occasionnant sous *Stylosanthes* un ruissellement de 18,5 mm. Cette valeur représente 80% du ruissellement de ce mois qui est le plus agressif et la moitié du ruissellement de l'année.

B. SOUCHIER estime que la région de TSIRONOMANDIDY est caractérisée par une intensité pluviométrique de 110 mm/h, celle de MANDOTO est de 100 mm/h.

Dans cette dernière région (chiffres cités par INITEC) la pluviosité en 24 h de récurrence 2 est de 82 mm (41 mm pour une heure) et de récurrence 5 est de 101 mm.

Pour nos calculs nous choisirons comme seuil climatique une intensité moyenne de 80 mm/h pendant une heure.

Nous négligerons les possibilités d'infiltration d'eau (elles sont pourtant élevées).

\* (chiffre cité par R. BERTRAND en Côte d'Ivoire) : écartement entre deux bandes enherbées : 50 m ; une année sur quatre, il est prévu une plante couvrante dans la rotation).



Nous limiterons la vitesse maximale tolérable de la nappe de ruissellement à une valeur de 0,05 m/s (c'est pratiquement la limite inférieure d'entraînement des argiles).

Nous supposerons un sol couvert par une végétation bien développée.

Dans ces conditions assez restrictives la valeur cherchée serait de 20 mètres.

En nous plaçant dans les conditions de la pluie du 9.02.68 sous prairie artificielle, en supposant l'intensité de la pluie constante, la vitesse maximale de la nappe n'aurait été que de 0,03 m/s.

#### 3.4. Formule de WISCHMEIER; en prenant pour K une valeur modérée.

La valeur de K déterminée est trop élevée du fait de la technique d'entretien de la parcelle qui est inadaptée aux sols ferrallitiques. Il y a eu vraisemblablement diminution de la stabilité structurale par destruction des pseudoagrégats.

Si l'on prend pour valeur de K : 0,05, valeur courante, observée les premières années à MANANKAZO près d'ANKAZOBE, on trouve une valeur de 115 m (30 m pour K = 0,1)

### 4 - LES PROPOSITIONS RECENTES D'AMENAGEMENTS ANTI-EROSIFS PROPOSES

#### 4.1. INITEC

Bourrelet anti-érosif enherbé en amont et fossé de drainage débouchant sur un collecteur.

Pente PC	Largeur de la bande cultivée
2-4	40 m
4-8	18 m
8-12	15 m

#### 4.2. GERSAR

Bandes de cultures en courbes de niveau séparées par des bandes enherbées permanentes : parcelles mécanisables d'au moins (200 x 20 m)

Limite de pente 6 PC

Piste ceinturant les terres cultivées

---

\* cette valeur est devenue plus élevée au fur et à mesure de la poursuite des mesures.



Pente PC	Largeur de la bande de culture	Largeur de la bande d'arrêt
1	200 m	2
2	120 m	2
3	70 m	2
4	45 m	4
5	30 m	4
6	20 m	6

#### 4.3. DISCUSSION

Dans les deux cas la formule appliquée est la plus pessimiste (RAMSER). Il n'est pas prouvé que de cultiver des pentes supérieures à 6 PC permette de récupérer un nombre d'hectares assurant la rentabilité de l'investissement dû à l'aménagement. Il est difficile de faire manoeuvrer des engins sur des parcelles de 15 mètres de large.

Le fait de faire converger les eaux de ruissellement provoque un ruissellement concentré qui devient turbulent, les collecteurs débouchant en haut des versants, sans aménagement de ceux-ci vont en accélérer l'érosion.

Aucun des deux projets n'envisage un aménagement des versants dont la stabilité est précaire.

#### 5 - CONCLUSION

Le système avec des bandes enherbées paraît le plus simple à réaliser, il évite d'autre part de collecter les eaux de ruissellement, il n'est peut être pas suffisant.

Les connaissances actuelles concernant le ruissellement et l'érosion sous culture sous ce climat étant incomplètes, il nous paraît souhaitable d'approfondir ce problème.

Il est possible théoriquement de doubler la largeur des parcelles mais cela reste à prouver au champ (par rapport aux résultats tirés de la formule de RAMSER).

Suivant le type de spéculation envisagée, l'aménagement anti-érosif doit être plus ou moins performant.

En grande culture mécanisée, les versants doivent être impérativement protégés et boisés, les bas fonds étant inutilisés, les pentes inférieures à 6 PC étant cultivées, celles comprises entre 6 et 12 PC doivent rester toujours enherbées, ceci permettra de ralentir les eaux de ruissellement et les empêchera de converger avant d'atteindre les versants.

---

\* (A Tananarive, B. SOUCHIER en 1969 sur une pente de 8 PC trouve une perte en terre de 10 t/ha/an pour une culture d'arachide à plat).



La largeur\* (l) des parcelles élémentaires proposées est déterminée en fonction d'une formule théorique de type (largeur x pente = cte).

La largeur maximale L cultivable selon le principe de parcelles alternées, séparées par des bandes enherbées de 2 m de large est calculée à partir de la formule de WISCHMEIER en fonction des paramètres déterminés à KIANJASOA.

Pente PC	l : largeur de la bande de culture	L : longueur cultivable (système bandes alternées séparées par des bandes enherbées)
1	120 m	/
2	60 m	3.700 m
4	30 m	990 m
6	20 m	375 m

En grande culture ce système implique qu'une parcelle sur quatre est toujours recouverte de végétation (prairie, culture pérenne, jachère...). Un bourrelet anti-érosif complétant le dispositif (cf tableau).

En cas d'association de cultures fourragères et vivrières, deux possibilités s'offrent :

- soit faire alterner des bandes de cultures assolées de largeur l et une grande parcelle fourragère, ces deux zones ayant la largeur l définie plus haut,

- soit faire alterner une bande de culture et une bande fourragère de même dimension (l).

Le choix entre ces différentes propositions sera fonction des priorités régionales.

En culture peu intensive, polyculture traditionnelle améliorée, il est possible de prévoir des champs un peu dispersés sur les zones planes sans aménagement anti-érosif.

Il est nécessaire si l'on développe l'élevage de mettre en défens les versants qui ne doivent pas être un lieu de passage des troupeaux ni de pâturage, au cours de la saison des pluies (risque de solifluxion et d'érosion en ravine).

La date de semis des cultures doit permettre aux plantes de bien couvrir le sol avant la période de forte intensité des pluies (régime cyclonique en Février et Mars).

---

\* largeur : dimension de la parcelle dans le sens de la plus grande pente.



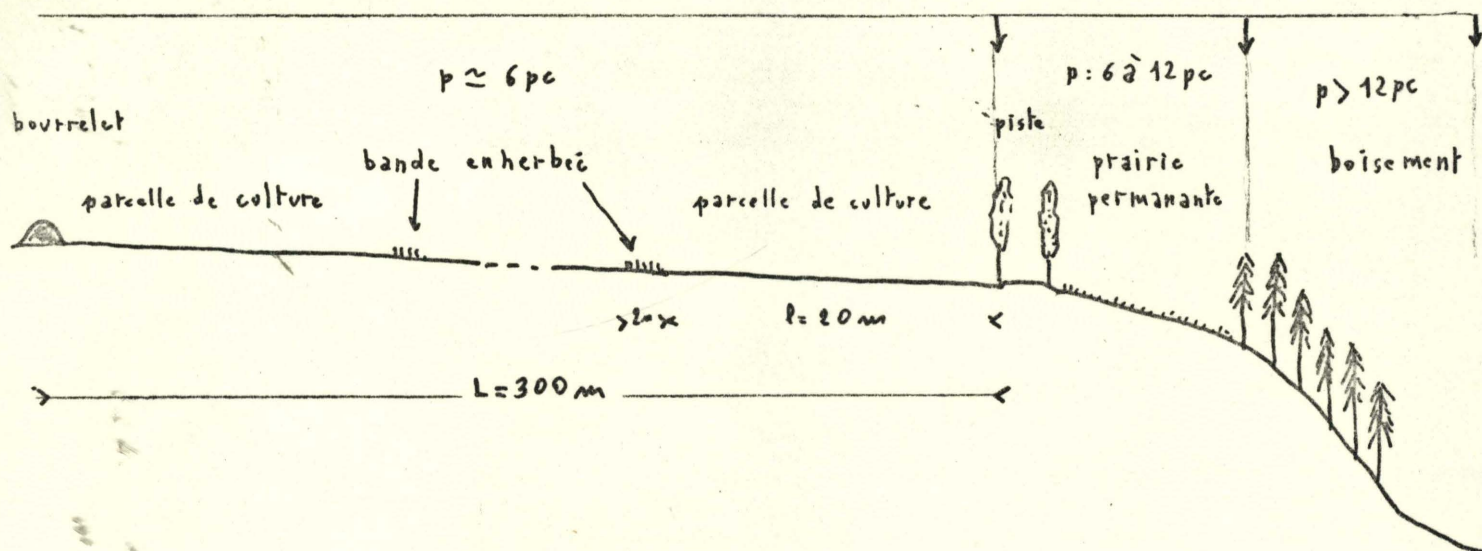


Fig. 1 Schéma d'aménagement anti-érosif en grande culture (coupe longitudinale)

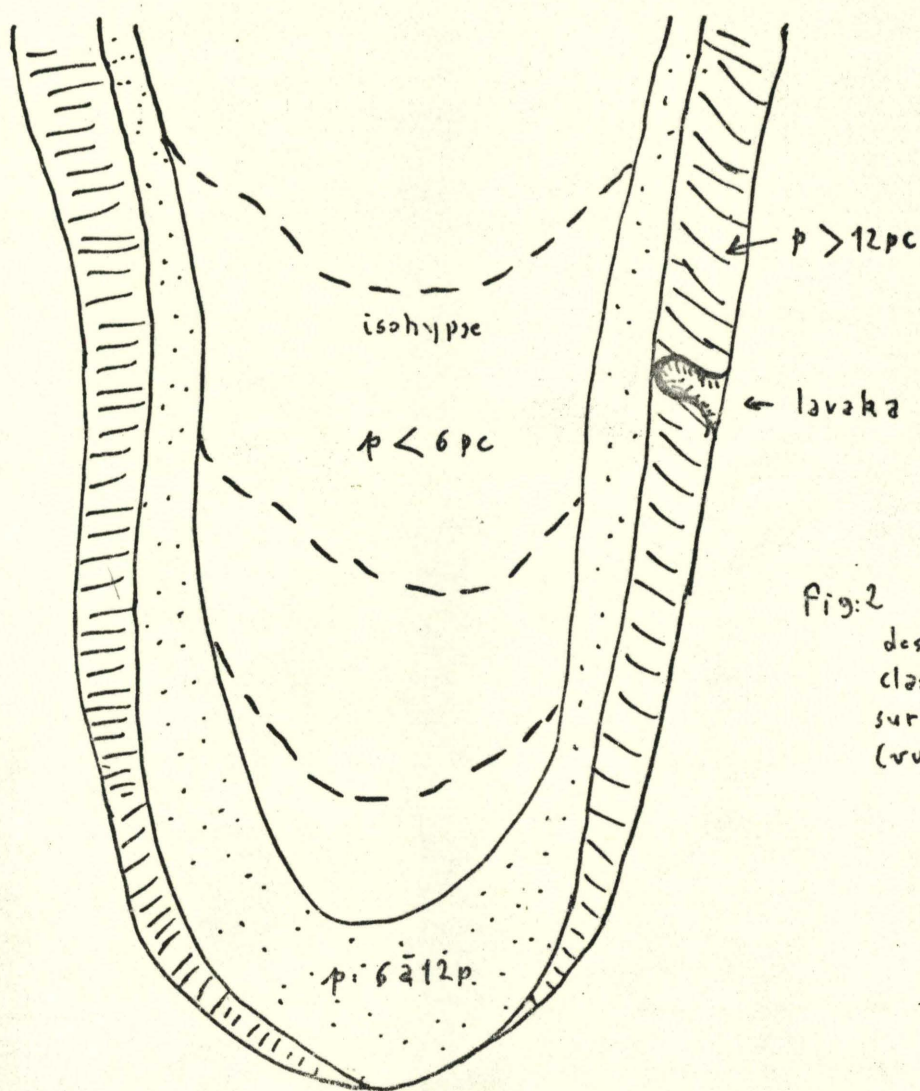


Fig. 2 Répartition des différentes classes de pente sur un interfluve (vue de dessus)



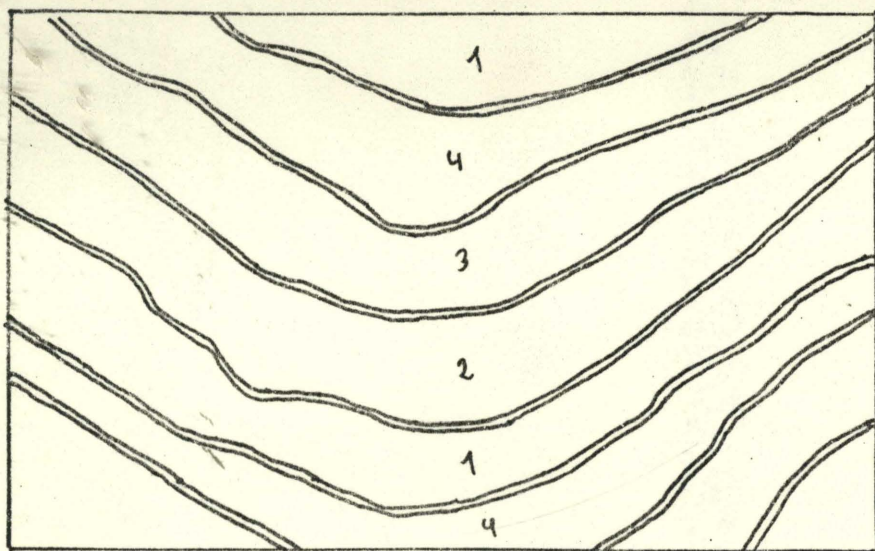


Schéma 1

Aménagement en  
bandes de niveau  
vraies

← bande enherbée  
(= courbe de niveau)

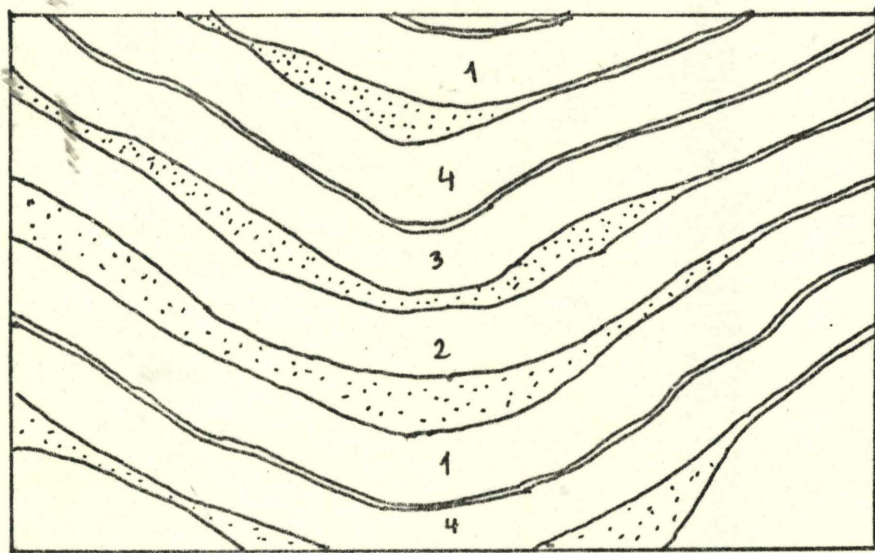


Schéma 2

Aménagement en  
bandes de niveau  
de largeur constante

← bande enherbée

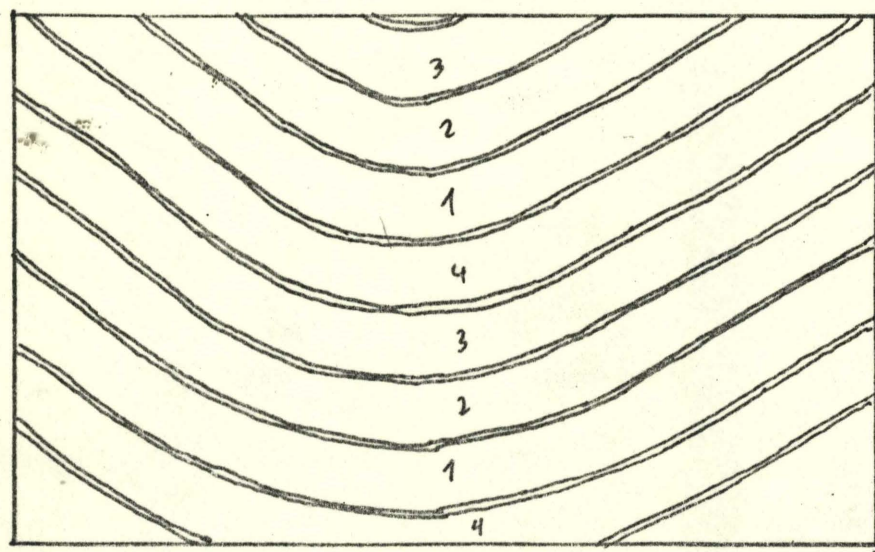


Schéma 3

Aménagement en  
bandes quasi-isohyètes  
de largeur constante

← bande enherbée

Fig:3 Exemple schématique d'aménagements  
anti-érosifs avec bandes enherbées et  
alternance des cultures (4soies)



## EXEMPLE DE PARCELLAIRE EN COURBES DE NIVEAU

Si on se place dans le cadre de cultures entièrement mécanisées, les aménagements anti-érosifs ne doivent pas gêner les évolutions des engins. La culture à fort degré de mécanisation exige des champs de largeur constante.

Dans ce cas, il n'est pas indiqué de réaliser des cultures en courbes de niveau parfaitement isohypses. En effet, la largeur d'un même champ varie en fonction de la pente locale (d'autant plus étroite que la pente est forte). Il est alors très difficile et surtout très coûteux de mécaniser la culture dans de telles parcelles (fig. 3, schéma 1). Par contre, ce type d'aménagement est valable pour la culture non mécanisée.

On pourrait imaginer d'avoir des parcelles quasi-isohypses de largeur constante séparées par des bandes de largeur variable mais  $> 2$  m. Mais la perte en terre cultivable peut être très forte selon la forme des isohypses (fig. 3, schéma 2). Cette formule est adaptée à un système mixte (agriculture-élevage).

La solution de compromis est d'avoir des parcelles quasi-isohypses jointives de largeur constante. Pour cela, on trace la courbe de niveau située à mi-chemin du sommet au pied de la zone à aménager et on place les autres limites de parcelle parallèlement à cette ligne directrice. Les bandes de culture ne suivent pas exactement les courbes de niveau, mais l'inconvénient est mineur si les pentes sont régulières (fig. 3, schéma 3).



LES SOLS CULTIVABLES DES "TANETY" : PROPRIETES  
PHYSICO-CHIMIQUES  
POSSIBILITES DE MISE EN VALEUR

---

## 1 - PROPRIETES PHYSIQUES

1.1. Les sols ferrallitiques brun-rouges qui coiffent les sommets plans des "Tanety" présentent sous végétation naturelle (savane herbacée) de très bonnes caractéristiques physiques ; ceci est dû à la présence de pseudo-sables. La texture (impression tactile) est limono-argileuse, parfois sablo-argileuse. La végétation graminéenne favorise également la forte aggrégation des horizons de surface.

Les caractères physiques initiaux sont favorables à la culture de toutes les plantes.

La stabilité de la structure est très bonne en condition naturelle : L. BOUCHARD (1970) près de la rivière Imanga et LE BUANEC (1967) à la Sakay citent des valeurs pour l'indice  $I_s$  (instabilité structurale) de l'ordre de 0,3, la structure est décrite comme étant grumeleuse. Sous culture il se produit normalement une dégradation de la structure, les mêmes auteurs observent pour  $I_s$  des valeurs variant entre 0,9 et 1,2 (BOUCHARD) et même de 1,3 (LE BUANEC).

Sur le point d'appui d'expérimentation agronomique d'Ankazomiriotra,  $I_s$  atteint une valeur de 1,47 (horizon labouré) et de 3,71 vers cinquante centimètres de profondeur (BOUCHARD et DAMOUR 1971).

En général, pour les sols ferrallitiques, on estime que pour l'horizon de surface à partir d'une valeur de  $I_s$  voisine de 1, les phénomènes dus à la battance commencent à se manifester d'où des risques d'entraînement de la terre par les eaux de ruissellement. A partir de  $I_s \geq 1,8$  la dégradation de la structure devient trop importante pour la plupart des cultures.

La très forte susceptibilité de sols ferrallitiques à l'érosion observée à la station de recherche de Kianjasoa ( $K^* = 0,28$ ) est vraisemblablement liée à la forte dégradation de la structure due au traitement imposé par la méthode de WISCHMEIER (destruction des pseudo-sables). Heureusement la mise en culture ne provoque pas une telle destruction de la structure du sol, si les façons culturales ne sont pas trop agressives.

D'autres caractéristiques physiques des sols brun-rouges ont été mises en évidence sur le point d'appui de la recherche agronomique de Maitra près de Kianjasoa. La densité apparente (mesure effectuée au densitomètre à membrane) est très faible ; elle augmente lentement en passant d'une valeur de 1,1 en surface à 1,4 seulement vers deux mètres de profondeur, (en surface la porosité totale est voisine de 60 %).

---

\* K = indice sol de la formule de WISCHMEIER.



L'infiltration en régime permanent est de 140 mm/h ; ce chiffre est plus élevé que les intensités maximales des pluies pendant trente minutes. Ces sols sont *très perméables*, ils ont également la propriété de bien se ressuyer après une pluie.

1.2. Les sols ferrallitiques brun-jaunes des niveaux d'aplanissement anciens, ont été peu étudiés dans le Moyen Ouest. Ils semblent dériver des sols bruns rouges sous l'influence d'une évolution récente aboutissant à la dégradation de la structure sous l'action de conditions hydromorphes et de phénomènes de tassement.

Ces conditions physiques sont plus défavorables que celles qui caractérisent les sols brun-rouges.

## 2 - PROPRIETES CHIMIQUES

2.1. Pour les sols brun-rouges les analyses chimiques disponibles correspondent le plus souvent à des sites très localisés et peu nombreux ; néanmoins, les données récentes établies par l'INITEC dans la région de Mandoto dans le cadre de l'étude de faisabilité d'un complexe agro-industriel intégré du soja permet de dégager les points suivants :

Les sols sont *acides*, le pH varie entre 4,95 et 5,4 pour la plupart des échantillons, mais entre 4,9 et 5,3 si l'on ne retient que ceux de surface. Les teneurs en bases échangeables sont *faibles*, elles varient entre 1,9 et 4,3 méq/100 g.

La quantité d'aluminium échangeable n'a été dosée que sur certains échantillons seulement dont les pH sont compris entre 4,8 et 5,3 ; elle fluctue entre 0,2 et 1 méq/100 g. Un dixième des échantillons présente des valeurs supérieures ou égales à 1 méq/100 g, leur pH est inférieur à 5.

L'indice de Kamprath ( $K = \frac{Al \cdot 100}{Bases + Al}$ ) reste *modéré* : 14 en moyenne avec un maximum de 48. Les profils les plus riches en aluminium échangeable présentent des valeurs comprises entre 20 et 30 (un cas à 50).

2.2. Sur le point d'appui de Maitra, le pH est voisin de 5,5 en surface, la teneur en bases est de 2,4 méq/100 g (ARRIVETS).

Dans la région de Béloback (RASAKABAN), le pH reste du même ordre de grandeur (4,9 à 5,2). Les teneurs en bases sont comprises entre 3,5 et 5 méq/100 g.

Les teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (OLSEN) sont faibles : 20 à 70 ppm.

Dans la région de Mandoto, RASABOTSY cite des chiffres équivalents tandis qu'à Kanjiasoa dans l'horizon superficiel (0-20 cm), le pH est de 5,3. La somme des bases S = 2 méq/100 g (dont 0,15 méq/100 g de K<sup>+</sup>).



La teneur en P205 assimilable est de 55 ppm (OLSEN).

. A la Sakay sous culture de soja, MARQUETTE signale les valeurs suivantes :

pH = 4,6

S = 1,84 méq/100 g

Al éch. = 0,6 méq/100 g (K = 25)

2.3. Les autres caractéristiques de ces sols sont : un C/N élevé surtout sous savane herbacée (15 à 20), ceci est dû à l'effet de la végétation graminéenne naturelle qui provoque également une répartition décroissante ("isohumisme") de la matière organique dans le profil de sol. Les teneurs en matière organique sont élevées (2 à 3 PC en surface).

Les teneurs en potassium échangeable sont en général légèrement supérieures au seuil de carence fixé à 0,09 méq/100 g sur le point d'appui d'Ankasomiriotra (ARRIVETS 1977) ; il en est de même en ce qui concerne le phosphore assimilable.

D'après l'étude de LE BUANEC, la mise en culture des sols de la Sakay a provoqué sans restitution ni rotation étudiée, une forte diminution des teneurs en calcium et magnésium et corrélativement une baisse du pH de parfois une unité.

Sur des sols à déjà forte acidité (pH voisin de 5), il faut à tout prix éviter une "suracidification" qui provoquerait entre autre (à pH < 5) une extension des risques de toxicité aluminique entravant la culture de la plupart des plantes (toxicité, mauvaise assimilabilité ou rétrogradation du phosphore, du calcium ...).

2.4. Les sols bruns jaunes ont des propriétés chimiques peu connues : BOURGEAT pour des sols "appauvris" (niveaux d'aplanissement tertiaire) signale des pH de 4,5 à 5 et des quantités de bases échangeables excessivement faibles (0,5 méq/100 g). Nous ne possédons aucun résultat en ce qui concerne l'aluminium échangeable ; il est vraisemblable que ces sols dérivant d'un matériau d'altération plus ancien, en sont plus riches.

Sur le Tampoketsa d'Ankazobé, THIBOUT cite des chiffres proches :

pH = 4,5 à 4,8

S = 1,5 méq/100 g

Pauvreté en phosphore assimilable.

### 3 - LES SPECULATIONS ENVISAGEABLES EN FONCTION DES CONTRAINTES PHYSICO-CHIMIQUES LIEES AUX SOLS

3.1. Boisement : *Eucalyptus* et pins semblent les espèces les plus appropriées, leur écologie en fonction des propriétés des sols est mal connue. Des essais de plantation de *Cassia* et de *Melina* ont été entreprises.



### 3.2. Prairies artificielles ou améliorées

C'est certainement la spéculation, car liée à l'élevage, la plus appropriée à la région du Moyen Ouest. Les différentes plantes testées à la station expérimentale de Kianjasoa sont adaptées aux sols (*Stylosanthes*, *Bracharia*, etc...)

3.3. Arbres fruitiers. Des essais sont actuellement menés par le FOFIFA à Maitra.

### 3.4. Les cultures pérennes ou annuelles

Le manioc est très adapté aux sols très acides; à un degré moindre la canne à sucre (fourrage, alcool ...) sous réserve que les conditions climatiques lui convienne, semble pouvoir boucler son cycle dans les sols bruns-rouges à bonne réserve en eau ; son enracinement profond a en plus un effet améliorant sur la structure du sol.

### 3.5. Les cultures de saison

- Riz pluvial, maïs, arachide, sont adaptés aux conditions chimiques des sols ; l'acidité n'est pas trop forte et la toxicité aluminique encore peu marquée. Le seuil de Kamprath est pour ces trois plantes de 45 à 50 (35 pour le rhizobium) ;

- Soja et coton par contre n'aiment pas l'excès d'aluminium échangeable ; en dessous d'une valeur de l'indice de Kamprath  $K = 20$ , conditions qui semblent fréquentes d'après les résultats analytiques consultés ces deux plantes risquent des phénomènes de toxicité. Leur culture nécessite des amendements pour remonter le taux de bases échangeables et de ce fait le pH.

- Sésame : cette plante oléagineuse aux exigences peu connues, présente un intérêt qu'en culture traditionnelle ou dans le cas de cultures industrielles (huilerie).

## 4 - LES SYSTEMES DE PRODUCTION POSSIBLES

Le choix de système doit permettre de conduire une mise en valeur raisonnée, rendant possible une utilisation maximale du sol, tout en conservant ses propriétés de bases.

Dans les conditions du Moyen Ouest, trois problèmes sont primordiaux :

- la conservation des sols (empêchant une érosion trop forte) ;
- le maintien d'une structure du sol compatible à la conduite des cultures ( $I_s$  compris entre 1 et 1,8, une dégradation trop forte de la structure augmenterait la susceptibilité des sols à l'érosion) ;
- la lutte contre l'acidification des sols.



Le premier problème n'a été abordé précédemment que d'un point de vue théorique, rappelons néanmoins que dans un système anti-érosif, il faut autant que possible faire alterner sur une même pente toutes les plantes de la rotation en même temps, car certaines cultures à plat (coton, manioc) ne protègent guère le sol des effets du ruissellement, alors qu'au contraire le riz pluvial semé en lignes isohypses constitue un peigne freinant les eaux de ruissellement. Aussi semble-t-il préférable, si cela ne crée pas d'autres contraintes, de prévoir en grande culture un "assolement anti-érosif".

Le problème du maintien d'une bonne structure passe obligatoirement par le choix d'une bonne rotation; deux solutions sont possibles :

- en cultures paysannes, avec peu d'apports et peu de moyens, les cultures traditionnelles de tanety sont à encourager (riz pluvial, maïs, arachide, manioc), la jachère graminéenne (3-4 ans) permettant une régénération de la structure et la reconstitution du taux d'humus. En contrepartie elle présente généralement un effet dépressif sur la plupart des cultures qui la suivent.

- en grandes cultures mécanisées : la nécessité de produire fait condamner la jachère. Pour maintenir une structure acceptable il faut faire alterner les plantes à enracinement fasciculé (effet favorable sur la structure) et les plantes à enracinement pivotant. Il faut incorporer au sol la paille des céréales qui est en partie lignifiée et dont la décomposition puis la réorganisation provoque la formation de matière humifiée dont les fractions jeunes favorisent la stabilité de la structure.

L'alternance céréales - légumineuses avec incorporation des résidus des seules céréales est nécessaire.

Ce travail du sol doit être conduit en fonction de bonnes propriétés physiques initiales. Il ne faut pas <sup>par</sup> un travail du sol profond (sous-solage, labour à la charrue), les détruire immédiatement, une préparation superficielle grossière, doit permettre d'éviter la battance ; les appareils à dents sont à conseiller, les labours de fin de cycle doivent être préconisés si cela est possible.

La rotation maïs - arachide - riz pluvial - arachide paraît la plus adaptée aux conditions pédo-climatiques du Moyen-Ouest (sols brun-rouges). Dans ces conditions, un phosphatage de fond est nécessaire, mais sans amendement. Le remplacement de l'arachide par le soja dans la rotation impose des amendements calco-magnésiens, respectant l'équilibre Ca/Mg et permettant de monter le pH progressivement, vers 5,5 dans un premier temps, puis à 6 si possible. Ces amendements sont également nécessaires \* pour la culture du coton ( $\text{pH} > 5,8$ , teneur en Ca échangeable  $> 7 \text{ méq/100g}$ ).

Dans tous les cas l'utilisation d'engrais doit empêcher l'acidification des sols, pour cela il faut éviter les engrais acidifiants et en particulier tous les sels d'acides forts (sulfates, chlorures) dont les anions peu absorbés par les plantes restent dans la solution du sol et y provoquent un déséquilibre ; l'alcalinité baisse, provoquant celle du pH.

(\* d'après P. ROCHE)



Le phosphatage de fond doit apporter le plus de calcium possible, les formes tricalciques à décomposition lente sont très appropriées aux sols acides ; elles présentent une certaine inertie aux phénomènes de retrogradation (présence d'Al et de Fe amorphes dans ces sols).



## ESTIMATION DES SUPERFICIES CULTIVABLES

Sur l'ensemble des plaines du Moyen Ouest dépendant de l'ODEMO, du point de vue mise en valeur agricole, on estimait en 1970 que :

- 20 % des sols étaient inutilisables par l'agriculture,
- 40 % des sols étaient médiocres (nécessité de mesures anti-érosives)
- 40 % étaient à vocation agricole immédiate

Ce chiffre de 40 % de surface agricole utilisable est repris par INITEC dans son étude de pré-faisabilité du complexe agro-industriel intégré du soja.

Des études plus détaillées permettent de se faire une idée plus précise :

#### 1. PLAINE DE L'IMANGA-MANDALO ("pénéplaine de BELOBAKA")

En 1961, on estimait à 46 % (rapport BDPA) de la superficie totale la proportion de terres à vocation agricole.

En 1970, pour la zone d'ANDRIAMBE (près de la rivière MANDALO) le BDPA donnait la répartition suivante

- . 50 % de Tanety cultivables
- . 15 % de bas fonds
- . 35 % de versants

La pente maximale des tanety n'étant pas indiquée.

L. BOUCHARD (1970) près de l'IMANGA dans la secteur d'AMBAHATRA signale les pourcentages suivants.

- 35,5 % de Tanety à pentes inférieures à 12 PC
- 41,7 % " à pentes supérieures à 12 PC
- 14,9 % de bas fonds
- 7,6 % de vallée (alluvions de l'Imanga)

Enfin, si on se réfère à l'étude récente de la plaine de BELOBAKA-MANDALO (GERSAR), il ressort des différents chiffres cités qu'environ 23 % seulement des terres seraient mécanisables. (pente inférieure à 6 PC). La moitié ne nécessitant pas d'aménagement anti-érosifs.

Il y aurait 7 % des bas-fonds cultivables (maraichage, riziculture



Ces différents chiffres ne correspondent pas aux mêmes définitions ni aux mêmes préoccupations de la part des développeurs.

Aussi nous proposons les estimations suivantes :

Pour l'unité N°15 : glacis moyennement dégradé à croupes larges, à sommet plan, à thalweg en V et nombreuses lavaka (superficie totale : 195 000 ha)

- superficies utilisables pour l'élevage intensif :  
97 000 ha (50 %)
- superficies utilisables pour l'agriculture traditionnelle :  
68 000 ha (35 %)
- superficies utilisables pour les cultures intensives mécanisées :  
45 000 ha (23 %)
- superficies utilisables pour la riziculture, le maraîchage et la polyculture vivrière :  
13 000 ha (7 %)

## 2 - PLAINE DE LA KITSAMBY ("pénéplaine de MANDOTO")

D'après les études ponctuelles de BOUCHARD réalisées dans la région de MANDOTO dans les lieux-dits de :

MANDROSONORO  
AMBORY  
AMPARIBY  
IVORY  
ANTANAMBAO-KAMBIZO  
MANDOTOKELY  
MIARAMASOANDA

Les propositions suivantes peuvent être proposées :

- 21 % tanety à pente inférieure à 5 PC
- 27 % tanety à pente comprise entre 5 et 12 PC
- 30 % versants (pente supérieure à 12 PC)
- 14 % de bas-fonds

On constate que le premier chiffre (pente < 5 PC) est voisin de celui établi pour la région de l'IMANGA MANDALO (pente < 6 PC). Par contre il y aurait plus de superficie à pente inférieure à 12 PC (48 %) et les bas-fonds représentent également une plus grande extension relative (les versants ont une plus faible extension).

L'INITEC, d'autre part, pour un secteur témoin de 1 200 ha environ donne la répartition suivante par classe de pente des tanety cultivables (pente < 12 PC)



Pente	
0-2 PC	12 %
2-4 PC	48 %
4-8 PC	29 %
8-12 PC	11 %

Ces valeurs nous semblent moins extrapolables à la région que celle déduites des études de BOUCHARD, car elles correspondent au secteur le plus favorable.

Estimation pour l'unité N°16 : glacis moyennement dégradé à croupes moyennes, et vallons en berceau (123 000 ha)

- . Superficies utilisables pour l'élevage intensif :  
80 000 ha (65 %)
- . Superficies utilisables pour l'agriculture traditionnelle :  
59 000 ha (48 %)
- . Superficies utilisables pour les cultures intensives mécanisées :  
30 000 ha (25 %)
- . Superficies utilisables pour la riziculture, le maraichage et la polyculture vivrière :  
17 000 ha (14 %)

### 3 - LES PLAINES DE MAHASOLO, BELOBAKA, TSIRONOMANDIDY, KIRONOMENA, BESAKAY

Les données concernant ces différentes régions sont disparates. Seul le secteur de la SAKAY est bien connu, mais il s'agit d'une zone qui est à cheval sur deux unités (17 et 12). J. RIQUIER et JJ. THOMAS citent les chiffres suivants :

- . plateaux (2 à 8 PC de pente moyenne) : 30 %
- . versants : 58 %
- . vallons, marécages : 10 %
- . vallées : 2 %

Vers TSIRONOMANDIDY, la SCET internationale (étude BEVATO-ouest) pour une zone correspondant assez bien à l'unité N°17, indique les proportions suivantes :

- . Sols de "plateaux" : (pente inférieur à 5 PC) : 41 %
- . bas-fonds, alluvions, marécages : 16 %
- . versants : 43 %



INITEC pour la région de MAHASOLO et la SAKAY estime à 27 PC la proportion de superficie à aménager (ce qui implique une pente inférieure à 12 PC).

Nous prendrons les pourcentages suivants :

. Superficies utilisables	:	pour l'élevage intensif	: 65 %
. " "	:	pour l'agriculture traditionnelle	: 50 %
. " "	:	pour les cultures mécanisées intensives (*)	: 40 %
. " "	:	pour la riziculture, le maraîchage et la polyculture vivrière	: 16 %

Soit pour l'ensemble de ces cinq plaines (312 000 ha)

. Superficies utilisables	:	pour l'élevage intensif	: 200 000 ha
. " "	:	pour l'agriculture traditionnelle	: 150 000 ha
. " "	:	cultures intensives	: 125 000 ha
. " "	:	polycultures	: 50 000 ha

La superficie de ces différents secteurs qui appartiennent tous à l'unité : glacis moyennement dégradé, à croupes larges, et à vallons à fond plat, est de :

- MAHASOLO : 67 500 ha
- BELOBAKA : 26 750 ha
- TSIRONOMANDIDY : 72 250 ha
- KIRONOMENA : 32 500 ha
- BESAKEY : 112 750 ha

#### 4 - LE HAUT GLACIS (unité 12)

Aucune étude détaillée n'a été entreprise sur cette unité, sauf à la SAKAY. La proportion relative des différents types d'utilisation possible des terres doit être voisine de celle de l'unité 16, le modelé étant voisin, ce qui donnerait les superficies suivantes (total : 76 250 ha)

. Superficies utilisables	:	pour élevage intensif	: 50 000 ha
. " "	:	pour agriculture traditionnelle	: 37 000 ha
. " "	:	agriculture intensive	: 19 000 ha
. " "	:	polyculture	: 10 000 ha

#### 5 - LE NIVEAU D'APLANISSEMENT C

La détermination de la superficie n'a pas été entreprise car il est difficile d'effectuer des évaluations faute d'information précise.

---

(\*) chiffre pris comme plafond.



Néanmoins signalons que pour le "secteur" d'ANOSY, le BDPA (1970) fournit les chiffres suivants.

. plateau aménageable (DRS)	: 30 %
. bas-fonds	: 10 %
. rizière	: 1 %
. versants	: 58 %

Il semble que cette évaluation comprenne les zones dégradées du niveau d'aplanissement C.

#### 6 - REMARQUE GENERALE

Les estimations des différentes superficies sont des évaluations "plafonds", c'est à dire qu'elle doivent être minorées en fonction d'autres critères, liés au type d'aménagement, à l'infrastructure etc...

En ce qui concerne les superficies de polyculture, faute d'étude spécifique, la proportion vraiment utile n'est pas évaluable.



## CONCLUSION

Le Moyen Ouest est situé entre les "Hautes Terres" du massif de l'Ankaratra et les formations sédimentaires de la Côte Ouest. Il correspond à une vaste dépression plane formée dans le socle antécambrien, comprise entre le Bongolava, les Hautes Terres et les Tampoketsa.

Cette zone d'effondrement a subi plusieurs phases d'aplanissement qui ont abouti à la formation au cours du quaternaire de glacis d'altitude inférieure à 1000 m. Ces glacis ont été incisés par le réseau hydrographique et découpés en croupes planes mais souvent étroites.

Sur les sommets plats des glacis, les sols sont épais, de type ferrallitique, acides mais à bonnes propriétés physiques. Ils conviennent à la plupart des cultures (vivrières et fourragères), certaines cultures de rente sont envisageables (soja-coton) mais nécessitent des amendements calciques.

La mécanisation est possible mais du fait du modelé, du climat très érosif et de la forte susceptibilité des sols à l'érosion, elle requiert des mesures importantes de conservation des sols et l'utilisation de techniques culturales évitant la dégradation de la structure des sols. La partie du Moyen Ouest située au Sud de Tsironomandidy a fait l'objet de nombreuses études : les plaines de Bélobaka-Itandy de l'Imanga-Mandalo de Mahasolo de la Sakay et de la Kitsamby présentent une proportion importante de sols aptes aux grandes cultures mécanisées (20 PC au moins).

La partie située au Nord de cette ville est mal connue, deux plaines présentent pourtant un intérêt pour la mise en valeur agricole :

- la plaine de Kiranomena
- et celle de Besakay-Saonjo.



DOCUMENTS CONSULTÉS

- ARRIVETS (J.) - 1979 - Expérimentation sur les systèmes de fumure dans le Moyen-Ouest 1977 - 1978 et 1979.
- ARRIVETS (J.) - 1980 - Compte rendu d'expérimentation sur maïs à Kiantasoa F.O.F.I.F.A.
- B.D.P.A. - 1961 - Le développement de la région de Tsironomandidy.
- B.D.P.A. - 1970 - Le Moyen Ouest et l'O.D.E.M.O. Premier bilan au 30 Juin 1970.
- BERTRAND (R.) - 1967 - Etude de l'érosion hydrique et de la conservation des eaux et du sol en pays Baoulé (Côte d'Ivoire).  
Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarive.
- BOUCHARD (L.) - 1966 - Etude pédo-agronomique de la Région de Mandoto. I.R.A.T.
- BOUCHARD (L.) - 1970 - Etude agropédologique du périmètre de l'Imanga, secteur Ambahatra. I.R.A.T.
- BOUCHARD (L.) - DAMOUR (M.) - 1971 - Interventions pédo-agronomiques de l'IRAM près des organismes de vulgarisation du M.A.E.R.-G.O.P.R.-U.R.E.R./I.R.A.T.
- BOURGEAT (F.) - 1972 - Sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire.  
Mémoire ORSTOM, N° 57.
- BOYER (J.) - 1976 - L'aluminium échangeable : incidences agronomiques, évaluation et correction de sa toxicité dans les pays tropicaux.  
Cah. ORSTOM, Sér. Pédologie, Vol. XIV, n° 4, 1976, pp. 259-270.
- C.T.F.T. - 1969 - Note sur les premiers résultats obtenus sur les parcelles élémentaires de la station de Kianjasoa.
- DIRECTION DES EAUX ET FORETS ET DE LA CONSERVATION DES SOLS - 1969 -  
Dispositifs anti-érosifs à mettre en oeuvre sur les terrains de pente supérieure à 12 PC.
- D.G.R.S.T. - 1976 - Bassins versants à Madagascar. Bilan de l'eau sous prairies naturelles et artificielles. C.T.F.T.
- D.G.R.S.T. - 1976 - Bassins versants à Madagascar. Compte rendu de fin d'étude.
- D.R.F.P. - 1975 - Parcelles de mesure du ruissellement et de l'érosion à Kianjasoa. F.O.F.I.F.A.
- G.E.R.S.A.R. - 1981 - Plaine de Belobaka-Mandalo. Projet Soja.
- I.N.I.T.E.C. - 1979 - Etude de préféabilité du complexe agro-industriel intégré du soja :  
- Rapport de sélection des emplacements  
- Etude agricole aspects généraux  
- Annexe sols.



- LE BUANEC (B.) - 1967 - Etude pédologique d'un périmètre de la Sakay. IRAT.
- LE BUANEC (B.) - 1967 - Evolution sous culture des sols de la Sakay, fertilisation. IRAT.
- MALVOS (C.) - SARAILH (J.M.) - 1976 - Etude de la susceptibilité à l'érosion des sols de Madagascar. Expérimentation en parcelles élémentaires. FOFIFA.
- PERNET (R.) - 1951 - Bibliographie pédo-agronomique et répartition des types de sols à Madagascar. Mémoire I.S.M., Série D., Tome III.
- RASABOTSY ( ) - 1974 - Pour l'intensification du riz pluvial dans la région de Mandoto. Mémoire de fin d'étude. Université de Madagascar. Institut Universitaire de Technologie Agricole.
- RATSIMBAZAFY (C.) - 1980 - Aptitude de la pénéplaine de Bélobaka à la culture du cotonnier. FOFIFA.
- RAUNET (M.) - 1980 - Les bas-fonds et plaines alluviales des Hautes Terres de Madagascar. IRAT.
- RIQUIER (J.) - 1956 - Notice sur les cartes d'utilisation des sols, feuille d'Ankadinondry et de Babetville. I.R.S.M.
- RIQUIER (J.) - THOMAS (J.J.) - La mise en valeur du secteur B.D.P.A. de la Sakay. ORSTOM. B.D.P.A.
- ROCHE (P.) - 1959 - Essai de mise au point d'une échelle de fertilité des sols pour la culture du coton. IRAT.
- ROCHE (P.) - SOUCHIER (B.) - 1958 - Secteur de conservation des sols d'Ankazomiriotr. IRAT.
- ROCHE (P.) - SARAILH (J.M.) - 1978 - Résultats des expérimentations en bassins versants comparatifs et parcelles élémentaires concernant l'influence des couverts naturels mis en place par le C.T.F.T. à Madagascar.
- SCET-SECMO - 1979 - Etude des migrations de masse à Madagascar. Bévato Ouest. - Ankerana.
- SOUCHIER (B.) - 1964 - Mesure de ruissellement et de l'érosion à Nanisana (Tananarive). C.T.F.T.
- TERCINIER (G.) - 1951 - Rapport sur une prospection pédologique dans la région de la Moyenne Sakay. Mémoire I.S.M., Série D, Tome III.
- THIBOUT (F.) - 1966 - Etude pédologique de reconnaissance de la région de Manankazo (Ankazobé).
- VELLY (J.) - MARQUETTE (J.) - CELTON (J.) - 1972 - Rapport de synthèse, convention développement agricole des Hauts Plateaux de Tananarive et du Moyen Ouest. IRAT.